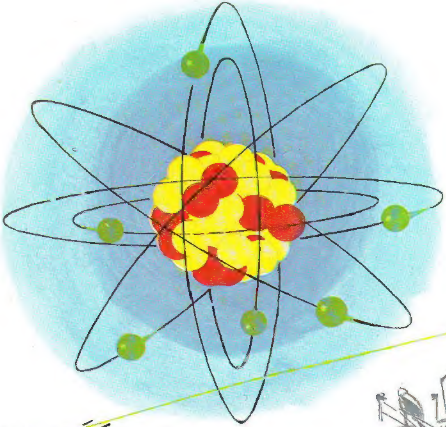
سلسلة من كل علم خبر
الاكتشافات الكبيرة
(٢٧)



من الذرة إلى الفضاء



- الرادار الساهر

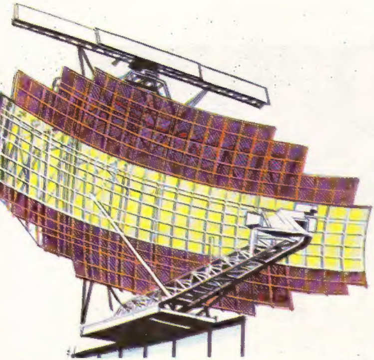


- من الأنبيق القديم إلى أبراج مصافي النفط العالية
- المفاعل النووي

منشورات مكتبة سمير
شارع غورو - بيروت
تلفون ٢٢٦٠٨٥ - ٢٣٨١٨١

Les Grandes Inventions
F. Lot
Librairie Hachette

الرادار الساهر

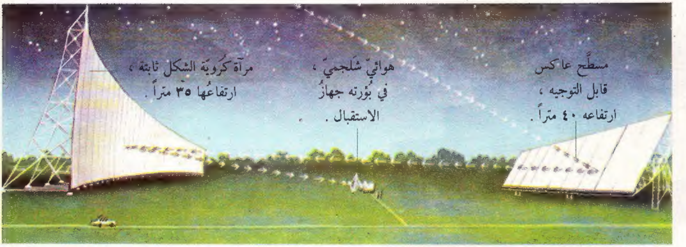

هوائي الرادار الثانويّ في مركز «أورلي» للمراقبة .

يحدُثُ للخيال أحياناً ، أنْ يَستَبِقَ حقائقَ المستقبَل : هذا ما جَرى لمبدأ الرادار ، الذي تَحدَّثَ عنه للمرَّة الأولى الأميركيّ «هوغو جرنسباك» ، في روايةٍ استباقيَّة[1] نُشِرتْ عام ١٩١١ ... كان المبدأ بسيطاً ، ولكنْ ما كان أكثرَ العقبات[2] التي كانت تعترضُ سبيلَ تحقيقِه !

كلُّنا يَعرفُ أنَّهُ ، متى أُطلِقَت صَيحةٌ أمامَ بعضِ الحواجز القائمة على بُعدٍ ما — كالجدار ، أو الشاطىء الصخريّ مثلاً ... — عاد الصوتُ الى الأُذُن بعدَ قليل ، وقد انعَكَست موجتُه الصوتيَّة على الحاجز ، كما يَنعكسُ شعاعُ النور على مِرآة . إنَّها لظاهرة[3] يُحسنُ بعضُ الحيوانات استعمالها . فالوَطاوطُ ، إذْ تُطلِقُ صيحاتٍ فوقَ صَوتيَّة[4] ، وتلتقطُ أصداءَها بعد فترةٍ تطول أو تقصُر ، تَتبَيَّنُ بكلِّ أمان طَريقَها ، في ظلُمات المغاوِر ومتاهاتِها[5] . كذلك تفعَل الحيتانُ والدلافين ، باعتِمادِها صيحاتٍ فوقَ صوتيَّه مُماثلة .

فبواسطة الرادار ، نَستطيع أنْ نجعلَ موجاتِ الراديو تنعكِسُ على أَغراض مُختلفة ، على أنْ تكونَ هذه الموجاتُ من القِصَر والقُوَّة ، بمقدارِ ما تكون الأَغراضُ المرادُ بُلوغُها بعيدة . وقد يكون مجالُها بعيداً جدّاً : فقد استطاع العلماءُ أنْ يحصَلوا على أَصداء هِرتزيّة[6] ، من على سطح القمر ، وحتّى من على سطح المرّيخ . وما يحدثُ لصَدى الصوت ، في تحديد المسافةِ التي يقومُ عندَها الحاجزُ العاكِس ، يَحدثُ لصدى

تحت : مبدأ الرادار.

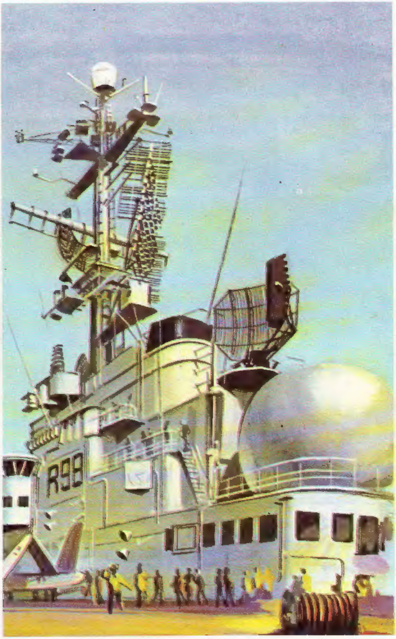


مِقراب « ننسي » اللاسلكي ، في سولون : يستقبل المسطحُ العاكسُ الموجاتِ الفضائيّة ، ويرسِلُها الى العاكس الكُرويِّ الشكل الذي يركِّزها في بُؤرته ، على الهوائيّ المتّصل بمَحَطّة الاستقبال .

الرادار؛ فتُعرَفُ المسافةُ التي يقومُ عندها الغَرَضُ العاكس بدقّة ، بحسابِ الفترةِ الفاصِلة ما بينَ ذهابِ الموجاتِ وعودتِها .

سنة ١٩٢٨ ، تمكّن « بيار دافيد » ، في « البُورجية » من اكتشاف طائراتٍ كانت تحلّق على ارتفاع ٥٠٠٠ متر. بعد ذلك بسَنوات ، اخترع الفيزيائي « موريس بونت » . ما سيَغدو قلبَ الرادار عينَه ، اي **المُغنِترون** ، وهو جهازٌ يُنتجُ موجاتٍ شديدةَ القِصَر. وسنة ١٩٤٣ جرّب « موريس بونت » ومساعِدُه « هنري غوتون » ، على متن **الأُوريغون** ، راداراً مزوَّداً بالمغنِترون ، فتمكّنا من تحرِّي الشاطىء البُولوني ، فيما كانا يَمخُران اليمّ[٧] ، على بُعدِ عشرةِ كيلومترات من مَرفأ دَنكِرك » . بعد ذلك بقليل ، زُوِّدَت السفينةُ « نورماندي » برادار مُهيَّأ لتحرِّي جبال الجليد أو أيّةِ حواجزَ أُخرى .

سنة ١٩٤٠ ، أَودَعَ « موريس بُونت » مُختَبَرَ « ومبِلي » البريطاني مَغنِترونه الثمين ؛ ومنذ ذلك الوقت ، سيَلعب الرادارُ دَوراً رئيساً في الدفاع البريطانيّ ضدّ الغارات الجوِّيّة ، وسيكون له تأثيرُه البعيد على تغيير مجرى الأعمال الحربيّة .



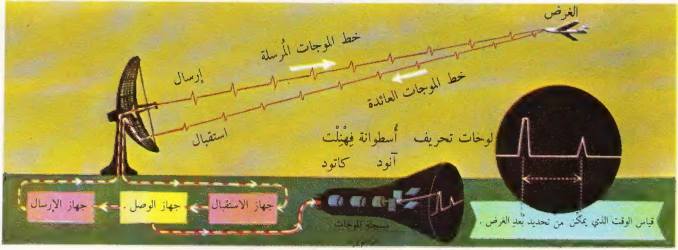
رادارات حاملة الطائرات «كلمينسو» .

وَلَدَ الرادارُ علمَ الفلكِ اللاسلكيّ ؛ وبالإضافة الى ذلك وضَعَ نفسه في خدمة المِلاحة الجوِّيَّة والبحريّة ، نظراً لفاعليَّته الليليّة والنهاريّة ، ولاِستخفافِه بالضباب مهما كثُف. وليس مَن يجهَلُ الدورَ الذي يقومُ به على متنِ العَربات الفضائِيَّة .

يُستعمَل لهذه الأغراض هوائيٌّ شَلْجَميٌّ[٨] الشكل قابلُ التوجيه ، يُطلِقُ ، في خَفَقاتٍ

غايةٍ في القِصَر، حزمَةً ضيّقة من المَوجات. تنعكس هذه الموجاتُ على الحواجزِ التي تُصيبُها بحُزَمِها؛ فيلتقِطُها، لدى عودتِها، الهوائيُّ عينُه، فتبلغُ جهازَ الاستقبال.

وهكذا، ترتَسِم على الشاشة المُفَلْوَرة، في جهاز التسجيل الكاتودي، صورةُ الحواجزِ المختلفة، التي لا تستطيع أيَّةُ وسيلةِ مُراقَبةٍ أُخرى أنْ تَتَبيَّنَها.



التفسير

١ – رواية استباقيَّة: رواية خيالية تستبق الأحداث.

٢ – العقبات: جمع عقبة: صعوبة.

٣ – ظاهرة: بادِرة ملحوظة.

٤ – فوق صوتيَّة: تعلو مستوى السمع العاديّ.

٥ – متاهات: جمع متاهة: مسلكٌ مُضِلّ.

٦ – هِرتزيّة: لاسلكيّة.

٧ – تمخر السفينةُ اليمّ: تخوض البحرَ.

٨ – هوائيّ شَلجَميُّ الشكل: يأخذ شكل نصف كرة مُقوَّسة.

الأسئلة

١ – كيف ينشأُ صدى الصوت عادةً؟

٢ – كيف يهتدي الوطواط الى طريقه في الظلمة؟

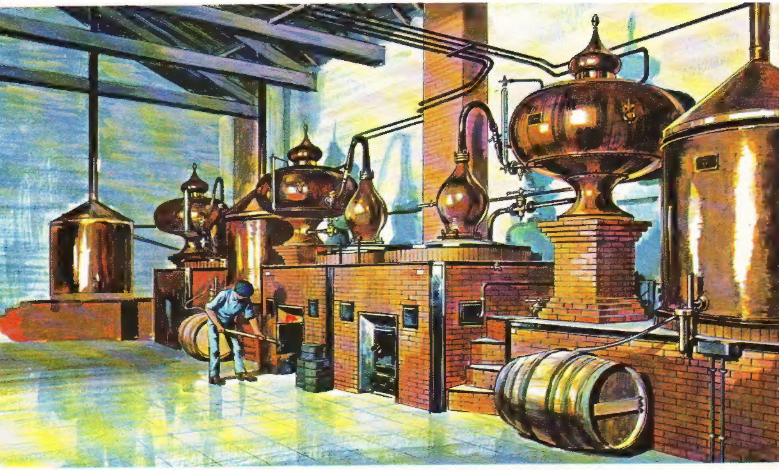
٣ – ما هو مبدأ الرادار؟

٤ – ما هو المغنترون؟ ومن اخترعَه؟

٥ – كيف يكونُ هَوائيُّ الرادار؟

٦ – ما هي فوائد الرادار في العمليّات الحربيّة؟

٧ – ما هي فوائد الرادار في الملاحة؟



إحدى مصانع التقطير التي قامت عليها شهرة مدينة «كونياك» الصغيرة ، التي أعطت العرَق المقطَّر المعروف باسمها .

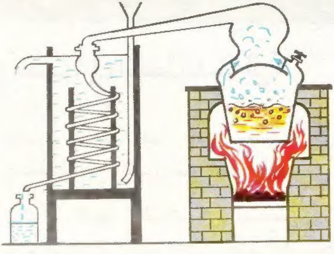
من الأنبيق القديم الى أبراج مصافي النفط العالية

التقطيرُ هو معالجةُ خليطٍ ما ، لإستخراج المُنتجاتِ الأكثرِ تبخُّراً ، وذلك بتحويلِها الى أبخرةٍ يُعادُ تكثيفُها[٢] بواسطة التبريد . ولا شكَّ في أنَّ أقدَم عمليّاتِ التقطير هي المتعلّقةُ بصناعة الكُحْل الذي عرَف الانسانُ ، منذُ عهدٍ قديم جدًّا ، أنْ يستخرجَه من المشروبات المخمَّرة .

أمَّا الجهاز الكلاسيكيّ المُستعمَل في هذه العمليّات ، فهو الإنْبيق الذي لا يزال يُستعمل في صناعة العرَق والكحول الممتازة .

وهو، في أبسط أشكاله، يتألّف من مِرجَلٍ[3] يُدعى الكرَكَة، توضَعُ فيه المادّةُ المقصودُ تقطيرها ؛ ومن غطاء كُرَويّ الشكل، يتلقّى الأبخِرة، ويوجِّهُها، عبرَ أُنبوب منحنٍ، ناحيةَ جهازِ التبريد. هنا تمرّ الأبخرة في أنبوب حلَزونيّ، لَولَبيِّ الشكل غاطسٍ في ماءٍ بارد، فتبرُدُ وتتكاثَفُ قطراتٍ صغيرة، تجتمعُ في إناءٍ تحتَ الإنبيق.

أمّا مُخترِعُ التقطير الصِناعي فكان « إدوار آدم » من مدينة « رُوان » ؛ وقد تمكَّن في أواخر القرنِ السابعَ عشر، من الحصول على كُحلٍ مركَّزٍ[4] في عمليّة واحدة، وذلك بجَعلِه البُخارَ الصاعدَ من الكرَكة ينتقِعُ في مجموعةٍ من الآنية. وكان الحصولُ على كُحولٍ مركّزة يَقتضي، في ما مضى، عدَداً من عَمليّات التصحيح المتعاقِبة[5].

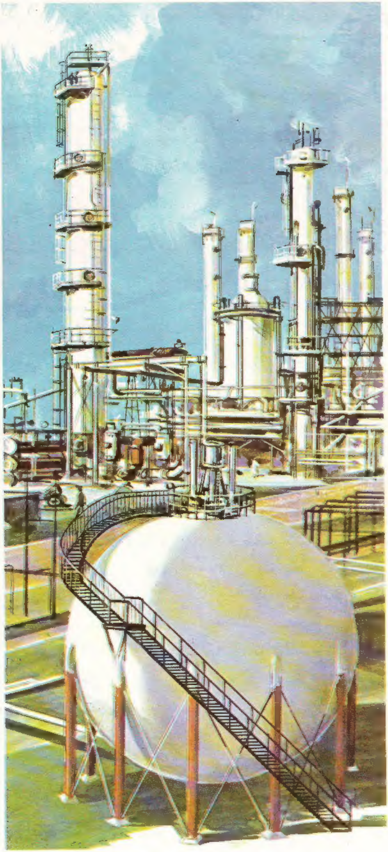


رسم بيانيّ للإنبيق.

أَنشأَ « آدم » نحوَ عشرين مركزاً للتقطير في جنوب فرنسا. إلّا أنَّ أجهزتَه قُلِّدَت، فأصابه ما أَصابَ مخترعين كثيرين، إذْ خسِر الدعوى التي أقامَها على مقلِّديه، وماتَ فقيراً معدَماً. ثم طُوِّرَت أَجهزةُ « آدم »، فغدَت قادرةً على العمل باستمرار، فاعتمَدها القطّارون كلُّهم.

في أيّامِنا لا يتناولُ التقطيرُ المُنتجاتِ الزراعيّة فحسبْ (التفّاح، والإِجّاص، وقضبان قصب السكَّر، والشمندر، والحبوب والبطاطا، والقُلقاس والآغاف ...)، بل يتعدَّاها الى صناعات أخرى تُعالِجُ الخشبَ والفحمَ الحجريّ والنفط، في مُنشآت تقطيرٍ ضخمة معقَّدة.

تُوضَع الأخشاب في أفرانٍ متّصلة داخليَّة التَحْمِيَة، فيُستَخرَجُ منها، بالإضافة الى فحمِ الخشب، أنواعٌ من القار القطران، والحامض البيرولي، والمِتيلين ؛ وفي حال تقطير الأخشاب الصَمغيّة يُستخرَج



منشآت مصفاة ضخمة يُعالَج فيها النفط بشكل مستمرّ. تبدو في الرسم أبراجُ التكسير العالية. ويبدو في مقدِّمتها مستودعٌ كُرويُّ الشكل.

روح الصنَوبر» المستَعمَل بديلاً عن روح التَربنتين. أمَّا تقطيرُ القُطران الخام، فيُعطي أنواعاً من الزيوت والشحوم والسُخام[٦]...

ويُقَطَّرُ الفحمُ الحجريّ فيُعطي الغاز الذي يوزَّعُ في الشبَكات، للإستهلاك المنزليّ؛ ويُعطي مياهاً نشادريَّة وقاراً. أمَّا الفحم المتبقّي، فيلعب، كما هو معلوم، دوراً رئيساً في المصاهر[٧]، وفي صناعة صبِّ المعادن.

أمَّا النفطُ، فتَجري عمليّاتُ تصفيته وتكريره، على طول أعمدةٍ عالية ذاتِ مصاطب، يَنفصل على مستوياتها المختلفَة الغازُ (بروبان، بوتان)، عن البنزين والكيروزين، والغازولين والمازوت...

وهكذا يظهر أنّ الخشبَ والفحمَ الحجريّ والنفط مصادرُ ثلاثةٌ لمُنتَجاتٍ فرعيّة، نَوَّعَتْها الكيمياء الحديثة بشكل عجيب، حتى ليُحصى من مُنتجاتِ النفط وحدَه ما يُقارب ١٠٠٠٠٠ مادّة.

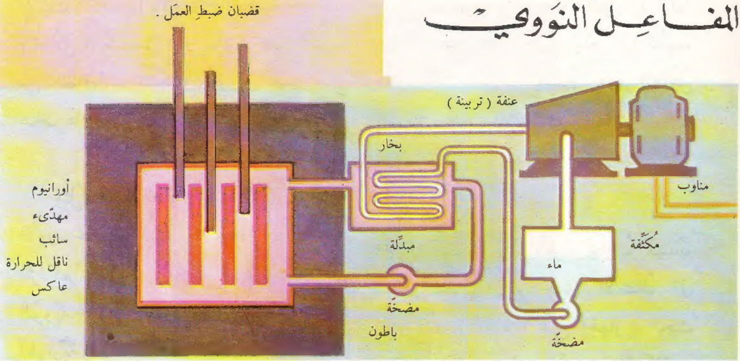
التفسير

١ – عالجَ الشيءَ معالجةً: عَمِل فيه.
٢ – كثَّف البردُ البخارَ: جعله كثيفاً، ثقيلاً قريباً من الماء.
٣ – مِرجَل: قِدرٌ كبيرة، غلّاية.
٤ – كحلٌ مركَّز: ثقيل، عالي النسبة.
٥ – المتعاقبة: المتتابعة.
٦ – السخام: غبار الدخان العالق بالمداخن.
٧ – المصاهِر: جمع مَصهَر: مكان تذويب المعادن وصبِّها.

الأسئلة

١ – ما هو التقطير؟
٢ – صف الإنبيق وطريقة عمله.
٣ – كيف يقَطَّر العرَق المثَلَّث؟
٤ – كيف طوَّر آدم عمليّة التقطير؟
٥ – ماذا يُستخرجُ من تقطير الخشب؟
٦ – ماذا يُستخرجُ من تقطير الفحم الحجري؟
٧ – ماذا يُستخرج من تقطير النفط؟

المفـــاعِــل النَوويـــ



رسم بيانيّ لمحطّة كهربائيّة نَوويَّة . الى اليسار المفاعِل . إن الحرارة الهائلة الناتجة عن التفاعل المتسلسل ، الجاري في الأورانيوم المركوم بشكل قضبان ، تُستخدَمُ لإنتاج البخار الذي يحرِّكُ بضغطِه العَنَفات (التربينات) المتناوِبة المولِّدة للكهرباء .

الأُورانيـوم ذاك المعدِنُ الأشعـاعيُّ النشاط ، هو أَثقل العَناصر الطبيعيّة . ذلك أَنَّ نَواةَ ذرَّتِه تَحوي عدداً كبيراً من البُروتونات (٩٢) والنِترونات (١٤٣ في نظيره المُشِعّ ، الأُورانيوم ٢٣٥) . عام ١٩٣٩ ، لاحظَ الأَلمانيّان ، « أُوتوهان » و« فريتز إستراسمان » ، أنَّ هذه النواةَ قابلة للإنشطار ، أيْ قابلة لأن تَنفَلِقَ قسمَين أو ثـلاثـةَ أقسام ، تحـتَ عمَل نِترون بطيء ، وهي تُرسِل عَدداً من النِترُونات ، وعدداً من أشِعَّة غاما .

والحال أنَّ هذه النترونات الثانَويَّة ، إنْ أَمكنَ كبحُها ، بواسِطة أجسامٍ مُهدِّئة ، كالماء الثقيل أو الغراميت ، كان بإمكانها ، وقد عادت• هكذا فاعلةً نشيطة ، أنْ تُثيرَ بدورها انشطارَ نوىً جديدة من الأورانيوم ، تُرافقُها حُزَم جديدة من النترونات ، وهكذا

دواليك . كان إذاً بالإمكان التفكيرُ بإحداث « تفاعُل » مُتَسلسِل » ، يُطلِقُ كَمِّيَّةً كبيرةً من الطاقة[2] ، تُشكِّلُ الحرارةُ قسماً من عناصِرها .

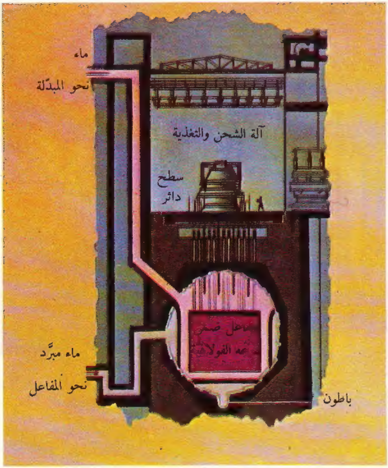
مِثلُ هذه الطاقة ستُنتَجُ بطريقَتين : الأُولى خاضعةٌ لسيطرةٍ دقيقة جدّاً ، في المَراكم[3] الذَرّيّة ، المعروفة اليومَ بالمُفاعِلات النَووِيّة ؛ وهي قادرةٌ على إمدادِ[4] المصانعِ الحراريّة والمولِّدات الكهربائيّة ؛ والثانيةُ عنيفةٌ مخيفة ، على مثال القنبلة النَووِيَّة التي لاشَتْ مدينةَ هيروشيما ...

إن تحقيقَ المفاعِل الذَرّيِّ الأَوَّل الذي سَبق القنبلة الأولى ، كان من إنجاز الفيزيائيّ الإيطالي « إنريكو فِرمي » (١٩٠١ — ١٩٥٤) ؛ وقد قامَ بهذا العملِ في مدينة شيكاغو، في نهاية أَربع سنواتٍ من الأعمال المتواصِلة . كانت أبحاثُهُ السابقة قد شهرَته ، وكان قد فاز بجائزة نوبل للفيزياء ، منذ عام ١٩٣٨ .

فكَّر « فِرمي » ومساعِدُه الأميركيّ ، المجريُّ الأصل ، « ليو زيلار» ببناءِ شبَكة من الأُورانيوم والغرافيت النقيّ يُركمان[6] طبقاتٍ متعاقِبَة ، حتّى يبلُغَ تراكُمُهما حَجماً ما خطِراً ، يُصبحُ بعدَه التفاعُلُ المتسَلسِلُ قابلاً للإنطلاق .

أُجرِيَتْ ، أَوَّلَ الأمرِ ، تجاربُ تمهيديَّة ضيِّقةُ النطاق . ثُمَّ جرى الانتقالُ الى اختبار أَوسعَ نطاقاً ؛ فبُنِي الجهازُ ، تحتَ شُرُفاتِ المَلعب الجامعيّ في شيكاغو، (وهو أوسع مكان مسقوف أمكن استعماله) كان الجهازُ عبارةً عن كُرَة يبلغ قطرُها ٨ أمتار، وقد باشَرَ عملَه ، بتاريخ ١٢ كانون الثاني ١٩٤٢ ، فيما وقفَ على قمّة الكرة « فريقُ انتِحار» ، مؤَلَّفٌ من ثلاثة فيزيائيِّين شبّان ، وهم على أُهبةِ التدخُّل لدى ظهورِ أيِّ طارِىءٍ مُقلِق ، ولإيقاف التفاعُل ، برَش محلولٍ من الكَدْمِيُوم قادرٍ على امتِصاص النترونات .

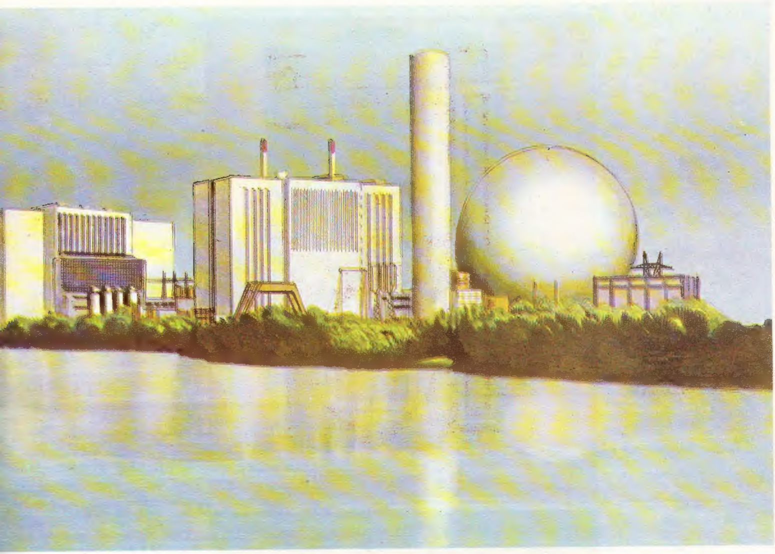
ولكنَّ النجاحَ أَتى باهراً ! فنُقِلت بُشراه[7] الى الاستاذ «كونانت » ، من مكتبِ الأَبحاثِ العِلميَّة في جامعة « هارفارد » ،



مقطع بياني لمفاعل شينون . (E D F2)

بالهاتف ، في جملة عرّافية متّفَقٍ عليها : « لقد بلغ البحّارُ الإيطاليّ العالمَ الجديد ... »

والواقع أَنَّ عالَماً جديداً كان على أُهبة الولادة ، بمفاعِلاته النَوَويَّة المُتوارِيَة[8] تحتَ درع الباطون الباريتيّ الصفيق العازل . وسرعانَ ما ستتكاثر هذه المفاعلات ، وتتنوَّع : فهناك المَراكِم الاختباريَّة ، ومُفاعِلاتُ البحث ؛ وهناك المولِّدات القادرة على إنتاج كمِّيَّةٍ من المَوادِّ المنشطرة تفوق الكمِّيَّة التي تستهلكُها ؛ وهنالك أَخيراً مفاعِلاتُ الطاقة التي تهدف ، قبل كلِّ شيء ، إلى إنتاج الكهرباء ، كمفاعِلات « شينون » .



مُنشآت « شينون » على نهر اللوار. من اليمين الى اليسار: مركز EDF1 ببنائه الكرويّ البالغ قطرُه ٥٥ متراً ، ثم المحطّتان
EDF2 و EDF3 اللتان تبلغ طاقتهما الإنتاجيّة ٧٠,٠٠٠ ميغاوات و ٤٨٠ ميغاوات . والميغاوات (MW)
وحدة طاقة من التيّار المتّصل ، ووحدة طاقة عاملة من التيار أعلى درجات التقنيّة ، خاصة في ما يتعلّق بتغذية المفاعِلات .
المتناوِب ، تساوي ١ ٠٠٠ ٠٠٠ وات . توفّرت لهذه المحطّات

التفسير

١ – كَبَحَ السرعةَ : خفَّفَها . الكبح : تخفيف السرعة .
٢ – الطاقة : القوّة .
٣ – المراكم : جمع مَرْكَم : جهاز تُحشدُ فيه قوّة .
٤ – أمَدَّ المصنع : يُمِدُّه إمداداً : زوَّدَه بالقوّة .
٥ – لاشى يُلاشي الشيءَ : صيَّره لا شيء .
٦ – رَكَمَ المادّة او القوّة : حشدها طبقةً طبقة .
٧ – البُشرى : الخبرُ السارّ .
٨ – توارى يَتوارى متواري : إختبأ يختبىء مختبِىء

الأسئلة

١ – ما هو أَثقلُ عناصر الطبيعة ؟
٢ – ما معنى إنشطار النواة ؟
٣ – ما هو التفاعل المُتَسلسِل ؟
٤ – من صنع أوّل مُفاعل ذرّي ، ومتى ؟
٥ – هل كان نجاحُ تجربة ١٩٤٢ مضموناً ؟
٦ – أين أُلقيت أوّلُ قنبلة ذرّيّة ؟ وماذا أحدثت ؟
٧ – أُذكر بَعض أنواع المُفاعلات النَوويّة .
٨ – كيف تُنتِجُ الكهرباء من المفاعل الذرّيّ ؟

سلسلة من كل علم خبر

الاكتشافات الكبيرة

ولادة حضارة

١ ـ من الحجر المقطوع إلى مكنات الصناعة ذات الذاكرة • السيطرة على النار • ولادة الكتابة
٢ ـ الزجاج مادة شفافة • الدولاب جهاز نقل • طيارة الورق، أكثر من لعبة بسيطة
٣ ـ آلات قياس الوقت • الورق، مطية الفكر • الطرقات، سبل اتصال بين الشعوب
٤ ـ السيطرة على المعادن • المرآة: من دنيا التبرج الى دنيا العلم • رهط ذاتيات التحرك
٥ ـ من النظارتين الى المنظار الى المقراب • السهم الناري يصبح آلة تحررنا من الأرض • الصابون والمنظفات المنافسة

التقنية تقوم بأولى تحدياتها الكبيرة

٦ ـ المطحنة المائية والمطحنة الهوائية • البارود • الطباعة من عهد غوتمبرغ الى ... غد
٧ ـ الأسلحة النارية عدة هلاك • البوصلة • طوق الكتفين، في طقم الفرس، خلاص للمرهقين
٨ ـ "دولاب بسكال" جد الآلات الحاسبة الالكترونية • من المظلة الى الدبابة • آلات إحداث الفراغ
٩ ـ التحرك على وسادة من هواء • المجهر في سيطرته على المتناهي الصغر • ميزان الضغط.

من الحرف اليدوية الى الصناعة

١٠ ـ الآلة البخارية • من المراكب البخارية الأولى الى السفن الحديثة • من "السلحفاة" الى "الصاعقة"
١١ ـ المروحة وانطلاق الملاحة ... • من عربة "كونيو" البخارية الى سياراتنا • غاز الإنارة ...
١٢ ـ الآلات الالكتروستاتية • شارل "فرنكلين" • من المنطاد الى البالونات الفضائية.
١٣ ـ تلغراف "شاپ" • من النسيج البدائي الى نول الحياكة • الدراجة الأولى وذريتها.
١٤ ـ بطارية "ڤولتا" • عيدان الثقاب • السكة الحديدية والقاطرة البخارية.
١٥ ـ "ليفيك" و "الستيتسكوب" • علب المحفوظات التي تعد بالمليارات • "التربينات" في العمل
١٦ ـ التلغراف الكهربائي يخترعه رسام ... • آلة الخياطة • عدسة التصوير تنفتح على كل شيء.
١٧ ـ لوحة الألوان المركبة • المحرك المتفجر يجهز ملايين السيارات • التبنيج المخدر.

العالم يبدل معالم وجهه

١٨ ـ الديناميت للسراء والضراء • حفر آبار النفط • من الآلة الكاتبة الى الطابعة الالكترونية
١٩ ـ صناعة البرد • الدينامو مولد التيار والمحرك الكهربائي • من السيلولويد الى اللدائن.
٢٠ ـ الميكروفيلم يضع مكتبة في حقيبة • الكلام المنقول في سلك • الترام والقاطرة الكهربائية
٢١ ـ سلسلة البرد • أديسن والمصباح الكهربائي • من الفونوغراف الحاكي الى الالكترونوت
٢٢ ـ مجرة الهواء وأجهزة المطاط • عصر الحديد في البناء • انبوب أشعة اكس يقهر الكثافة.
٢٣ ـ من الفنكستسكوب الى السينماسكوب • تسجيل الأصوات والصور • وطواط يخفق بالآمال الرحبة
٢٤ ـ محرك ديزل يخرج من قداحة • الاتصالات البعيدة المدى تنتقل على موجات الأثير • البيليوغراف
٢٥ ـ زجاج لا يجرح • آلات توليد العواصف • الصور السوية على الشاشة الصغيرة.

من الذرة الى الفضاء

٢٦ ـ كاشفات الجزيئات الدقيقة • المدفعية الذرية • المجهر الالكتروني عين قادرة على روية الفيروسات
٢٧ ـ الرادار الساحر • من الأنبيق القديم الى ابراج مصافي النفط العالية • المفاعل النووي
٢٨ ـ الترنزيستور والترنزستورات • الأجهزة الفضائية • الأفران التي تتوهج فيها طاقة الشمس

أرسى القرن الثامن عشر علم الكهرباء، وأطلق أولى السفن البخارية، والمناطيد والغواصات الأولى. وشاهد القرن التاسع عشر الثورة الصناعية بفضل البخار والكهرباء والآلة، فيما تكاثرت الاختراعات من كل نوع: من القاطرة والسكة الى عيدان الثقاب، ومن التلغراف الى التصوير الشمسي، ومن الدراجة الى التربينة ...

تأليف : ف. لوت
رسوم : ب. بروبست
ترجمة واعداد : سهيل سماحة